



# Tinjauan Desain Agitator Pengolah Limbah Minyak Jelantah Menjadi Lilin Aromaterapi

Hibatulah E. R.<sup>1\*</sup>, Arash Ilham<sup>1</sup>, dan Muslimin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Badak LNG, Satimpo, Bontang Selatan, Bontang, Kalimantan Timur, 74325

<sup>2</sup> Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

---

## Abstrak

Makalah ini menjelaskan tentang desain mekanik agitator untuk mencampur lilin aromaterapi yang memiliki viskositas 226,63 cp dengan mempertimbangkan gaya fluida yang dikenakan pada impeller oleh fluida. Analisis menunjukkan bahwa gaya adalah hasil dari turbulen aliran fluida dan gaya fluida statis. Beban aktif ditransmisikan dari sudu impeller ke poros agitator dan kemudian ke motor. Desain agitator sering dianggap sebagai penerapan dua disiplin ilmu teknik. Langkah pertama adalah desain proses dari sudut pandang kimia dan melibatkan spesifikasi pola impeller, kecepatan, suhu dan sudut bilah dll. Langkah selanjutnya dalam rangkaian desain adalah desain mekanis komponen agitator. Pendekatannya adalah desain seri untuk daya (torsi & kecepatan) kemudian beban poros. Percobaan dilakukan untuk agitator kapasitas 20 liter. Anchor agitator berhasil mengaduk campuran stearic acid dan minyak dengan baik.

*Kata-kata kunci:* Agitator, Power Number, Momen inersia, Tegangan Geser

## Abstract

This paper describes the mechanical design of an agitator for mixing candle having a viscosity of 226.63 cp by considering the fluid force imposed on the impeller by the fluid. The analysis shows that the force is the result of the turbulent fluid flow and the static fluid force. The active load is transmitted from the impeller blades to the agitator shaft and then to the motor. Agitator design is often thought of as an application of two engineering disciplines. The first step is the design of the process from a chemical point of view and involves the specification of the impeller pattern, speed, temperature and blade angle etc. The next step in the design circuit is the mechanical design of the agitator components. The approach is a series design for power (torque & speed) then shaft load. The experiment was carried out for an agitator with a capacity of 20 liters. The anchor agitator managed to mix the stearic acid and oil mixture well.

*Keywords:* Agitator, Power Number, Moment of Inertia, Shear Stress.

---

\* Corresponding author E-mail address: hibelram@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Minyak jelantah merupakan minyak yang dihasilkan dari sisa penggorengan atau minyak goreng yang dipakai berulang-ulang (Rosdiana & Atun, 2015). Pembuangan limbah minyak goreng bekas (jelantah) juga masih dilakukan secara sembarangan, biasanya dibuang di sungai, selokan atau langsung dibuang ke tanah (S, Sakti, & P, 2017). Minyak jelantah akan dibuang atau dijual di pasar dengan harga yang sangat murah. Pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan (Tamrin, 2017). Opsi pengolahan limbah ini seperti contohnya, digunakan sebagai bahan bakar, mengubahnya menjadi gliserol untuk pembuatan biodiesel. Namun masih belum ada burner yang efektif, bahkan unit burner ini dinilai terlalu mahal. Penelitian ini bertujuan membuat unit pengolahan limbah minyak jelantah menjadi produk lilin aromaterapi. Lilin Aromaterapi adalah alternatif aromaterapi dengan menggunakan media pernapasan, uap aroma yang dihasilkan dari pembakaran lilin saat dibakar menghasilkan wangi yang bisa menimbulkan rasa tenang. Lilin aromaterapi akan menghasilkan aroma yang memberikan efek terapi bila dibakar (Primadiati, 2002). Unit hasil penelitian ini nantinya akan diserahkan kepada masyarakat Salin Swara (Sampah Keliling Swadaya Masyarakat). Lilin aromaterapi memiliki nilai di pasar yang cukup baik, sehingga masyarakat sekitar dapat menambah nilai jual dari limbah minyak jelantah.

Bagus atau tidaknya lilin sangat tergantung dalam proses pencampuran. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan Agitator unit sebagai pengaduk untuk menghasilkan pencampuran yang merata. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perancangan poros dan sudu pencampur yang optimal.

### Fenomena Agitasi

Agitasi adalah menggerakkan dengan menggoyangkan atau mengarahkan untuk mencapai pencampuran. Operasi pemrosesan tertentu, seperti pencampuran, penyerapan gas dispersi, kristalisasi dll, membutuhkan agitasi cairan. (Dickey & Fasano, 2004)

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan melakukan perhitungan awal dengan menggunakan rumus yang sudah didapatkan melalui studi literatur mengenai teori-teori yang berkaitan dengan topik. Studi literatur dilakukan dengan membaca buku referensi, jurnal, karya tulis dan situs web yang berkaitan dengan topik Mixer dan Agitator. Dengan menyesuaikan data densitas dan viskositas campuran kami selanjutnya memutuskan jenis tipe pengaduk impeller dengan jenis anchor atau jangkar sebagai opsi pertama kami. Hal ini didasari dari konsep lilin yang mana viskositas akan terus meningkat pada saat proses pencampuran. Menyesuaikan dengan Impeller jangkar yang dapat dipakai pada pencampuran dalam kondisi laminar dan ditemui dalam aplikasi viskositas tinggi.

Pengujian dilakukan dengan melakukan leak test saat operasi sedang berlangsung. Apakah terjadi kebocoran pada vessel saat campuran stearic acid dan minyak dicampurkan. Pengujiannya dengan system ini dipilih dengan pertimbangan bahwa pressure yang bekerja pada bejana tidak akan lebih dari 1 atm. Selain itu juga dilakukan tes RPM menggunakan tachometer pada motor listrik sehingga Impeller bekerja pada kondisi terbaiknya. Pada kolom pre treatment minyak jelantah terdapat valve untuk melihat apakah minyak jelantah sudah melalui proses pre treatment sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Karena nantinya minyak yang sudah diproses ini akan dikonsumsi sebagai lilin dan harus sesuai dengan baku mutu yang ada. Metode pengujian dilakukan dengan metode organoleptic. Uji organoleptik merupakan cara pengujian dengan menggunakan indra manusia sebagai alat utama untuk pengukuran daya penerimaan terhadap produk. Metode ini dilakukan mengacu kepada SNI 7709:2019 untuk pengujian minyak jelantah yang diproses dan SNI 0386-1989-A/SII 0348-1980 untuk produk lilin yang dibuat.

### 3. RANCANGAN SHAFT

#### A. Kebutuhan Daya untuk Agitasi

Daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan agitator tergantung pada beberapa faktor seperti sifat cairan, jenis dan ukuran agitator, ukuran tangki atau bejana dan kecepatan agitasi. (Patil, Rajude, Thok, & Pawar, 2017)

$$NP = \text{gaya inersia} = P/gN^3Da^5 \quad (1)$$

$$NRe = \text{gaya kental} = gN^2Da^2/\mu \quad (2)$$

Dimana,

- NP = Nomor daya,
- P = Kekuatan,
- g = Kepadatan cairan,
- N = Kecepatan pengaduk,
- Da = diameter pengaduk,
- $\mu$  = viskositas.

Dalam bejana yang tidak disekat, hubungan antara bilangan daya fungsi NP dan bilangan Reynolds  $N_{Re}$  adalah

$$NP = \frac{P}{gN^3Da^5}, \text{ untuk } NRe < 300 \quad (3)$$

$$NP = \frac{\alpha - \log_{10} NRe}{NFr\beta}, \text{ untuk } NRe > 300 \quad (4)$$

Dimana, NFr dikenal sebagai bilangan Froude dan didapat dengan

$$NFr = \text{gaya inersia} = \frac{N_2Da}{g} \quad (5)$$

Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  diberikan dalam tabel 1

Tabel 1 Nilai A dan B

Diameter (Da) cm	Da/D	$\alpha$	$\beta$
10	0,3	1	40
15	0,33	1	40

#### B. Rancang Poros

Daya normal yang diperlukan untuk agitator dan rugi-rugi gesekan ditunjukkan di bawah kebutuhan daya untuk agitasi. Rata-rata torsi pengenal pada poros agitator.

$$Tc = \frac{P \times 60 \times 1000}{2\pi N} \quad (6)$$

Dimana,

- N = rps
- Tc = N.m
- P = kWatt

Selama memulai, poros harus menahan torsi yang jauh lebih tinggi. Selama proses berlangsung, selain torsi, berbagai gaya bekerja pada poros harus diperhitungkan seperti, gaya hidraulik yang tidak seimbang sementara karena turbulensi dalam cairan atau konstruksi asimetris dari agitator dan baffle, bekerja secara lateral pada poros secara siklik. Gaya sentrifugal juga hadir saat poros berputar dan agitator tidak seimbang.

Selama pengasutan, poros harus mampu menahan  $1\frac{1}{2}$  kali torsi rata-rata kontinu pada kecepatan rendah dan  $2\frac{1}{2}$  kali pada kecepatan tinggi. Maksimal tegangan geser didapatkan dengan,

$$fs = (1\frac{1}{2} \text{ or } 2\frac{1}{2}) \cdot \frac{Tc}{Zp} = \frac{Tm}{Zp} \quad (7)$$

Dimana,

- $T_m$  = torsi maksimum
- $f_s$  = Tegangan geser

$Z_p$  = Modulus kutub penampang poros

Jika nilai tegangan yang diizinkan dari  $f_s$  diketahui, diameter poros dapat ditentukan. Kriteria lain dari desain didasarkan pada beban berfluktuasi selama berjalan. Pertimbangkan bilah pengaduk macet pada 75% dari panjangnya untuk waktu yang singkat. Dalam hal ini diperlukan untuk menghitung momen lentur ekivalen yang merupakan resultan kumulatif dari momen lentur dan maksimum torsi.

$$M_e = \frac{1}{2} [M + \sqrt{M^2 + (T_m)^2}] \quad (8)$$

Dimana,

$T_m = (1.5 \text{ atau } 2.5) T_c$

$M$  = Momen lentur.

Momen lentur  $M$  ditentukan sebagai berikut, Torsi  $T_m$  ditahan oleh gaya  $F_m$  yang bekerja pada radius  $0,75R_b$  dari sumbu poros pengaduk.

$$F_m = T_m / 0.75R_b \quad (9)$$

Dimana,

$R_b$  = radius dari blade.

Momen lentur maksimum  $M$  terjadi pada titik di dekat bantalan, dari mana poros menggantung

$$M = F_m \cdot l \quad (10)$$

Dimana,

$l$  = panjang poros antara agitator dan bantalan.

Tegangan akibat momen lentur ekivalen diberikan oleh

$$f = M_e / Z \quad (11)$$

Dimana,

$Z$  = modulus penampang penampang poros.

Tegangan  $f$  tidak boleh melebihi tegangan luluh material atau tegangan bukti 0,2%. Beban pada sudu diasumsikan bekerja sebesar 75% dari radius pengaduk. Ini akan menciptakan momen lentur, yang akan menjadi maksimum pada titik di mana bilah terpasang ke hub.

$$\text{Max. BM} = F (0.75R_b - R_h) \quad (12)$$

Dimana,

$F$  = gaya pada setiap blade

$R_b$  = radius blade

$R_h$  = radius hub

Jika bilahnya rata, tegangan pada bilah akan diberikan oleh

$$f = \text{Max BM} / Z = F(0.75R_b - R_h) / (bt \cdot bw^2/6) \quad (13)$$

Dimana,

$bw$  = lebar bilah

$bt$  = ketebalan bilah.

## 4. RANCANG DARI KOPLING

### A. Kopling Flensa Kaku

Ini terdiri dari dua flensa, satu untuk setiap poros dipasang dengan kunci. Dimensi tertentu didasarkan pada pertimbangan praktis dan keamanan. Ini terdiri dari dua flensa, satu untuk setiap poros dipasang dengan kunci. Dimensi tertentu didasarkan pada pertimbangan praktis dan keamanan.

$R = 1,5d$

$D = 2d$

$B = (1,5 \text{ sampai } 2)d$

Jumlah baut  $(n) = 3 + 0.2d$  Baut mengalami tegangan geser dan tekan.

Gaya pada baut

$$F = T_{max} / R \quad (14)$$

Flange biasanya terbuat dari besi tuang, tegangan pada hub dan bagian flange dapat diperiksa dengan,

$$f_s (hub) = T_{max} / \pi(D^4 - d^4) / 16 D \quad (15)$$

$$f_c(\text{flange}) = T_{max} / \pi D t . D / 2 \quad (16)$$

## B. Kopling Split-Muff

Ini terdiri dari selongsong yang umumnya terbuat dari besi cor yang dibelah menjadi dua bagian, yang disusun di atas poros dengan baut. kopling ini lebih cocok untuk poros vertikal, dan mudah dibongkar.

$$T_{max} = \mu p d p \frac{l}{2} \times \frac{d}{2} \quad (17)$$

Dimana,

- $\mu$  = koefisien gesekan antara poros dan selongsong
- $d$  = diameter poros
- $p$  = tekanan kontak
- $l$  = panjang lengan baju
- $d$  = diameter nominal dari baut

## 5. BEARING

Bearing adalah suatu komponen mesin yang berfungsi sebagai penopang bagian yang bergerak yang mempunyai gerak putar, osilasi atau geser. Sebuah bantalan yang menopang beban normal terhadap sumbu longitudinal dikenal sebagai bantalan radial atau bantalan jurnal. Jika beban pada bantalan bekerja dalam arah aksial, bantalan dikenal sebagai bantalan dorong. Dalam tangki yang dalam dengan poros pengaduk yang panjang, getaran yang berlebihan dapat terjadi dikurangi dengan menggunakan bantalan yang stabil di bagian bawah poros.

### Radial Bearing atau Journal Bearing

Tekanan bantalan,

$$P_b = P / l . d \quad (18)$$

Dimana,

- $l$  = panjang bantalan
- $d$  = diameter poros
- $n$  = rpm poros

panas yang dihasilkan karena gesekan antara jurnal (poros) dan bantalan tergantung pada koefisien gesekan, beban dan kecepatan.


$$H / \text{Min} = \mu . p_b . d . l . \pi . d . n \quad (19)$$

Dimana,

- $\mu$  = koefisien gesekan,
- $P_b$  = tekanan bantalan
- $l$  = panjang bantalan
- $d$  = diameter poros
- $n$  = rpm poros

## 6. HASIL PENGUJIAN

Putaran pengadukan didapatkan berdasarkan prosedur dari proses pembuatan lilin aromaterapi, dimana untuk mengetahui nilai RPM dapat diketahui dengan menggunakan tachometer. Saat proses pengadukan berlangsung juga didapatkan hasil pengadukan melalui visual.



Data ke-	Putaran Motor
1	55,9
2	56,4
3	51,4
4	55,4
5	55,5
6	57,7
7	58,9
8	57,4
9	60,2
10	57,4
total	566,2
rata rata	56,62

Gambar 1 Tes RPM dan Hasil dari tes RPM



Gambar 2 Aliran yang dihasilkan oleh Agitator



Gambar 3 Hasil akhir Produk Lilin Aromaterapi dari Minyak jelantah

## 7. KESIMPULAN

Penggunaan anchor agitator dengan rpm 56 untuk pengadukan lilin dan membutuhkan 1 buah impeller agar menghasilkan pengadukkan Laminar. Desain agitator yang didapatkan dari hasil perancangan yaitu diameter poros 22,225 mm, daya yang dibutuhkan 60 watt. Campuran lilin dapat terbentuk dengan merata dan unit bisa digunakan untuk kegiatan pengolahan limbah minyak jelantah. Lilin yang dihasilkan sudah sesuai dengan standar SNI 0386-1989-A/SII 0348-1980. Dinilai dari warna dan bau dengan melakukan uji organoleptic maka produk sudah bisa dikonsumsi.

## REFERENSI

- Dickey, D. S., & Fasano, J. B. (2004). Mechanical Design of Mixing equipment. In E. L. Paul, V. A. Atiemo-obeng, & S. M. Kresta, *Handbook of Industrial Mixing Science and Practice*. John Wiley & Sons.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriot, P., & Jasjfi, E. (1999). *Operasi Teknik Kimia edisi keempat*. Erlangga.
- Patil, A. J., Rajude, S. B., Thok, M. S., & Pawar, R. A. (2017). Review on Design of AGitator. 2(4).
- Primadiati, R. (2002). *Aromaterapi : Perawatan Alami Untuk Sehat dan Cantik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Rosdiana, I., & Atun, S. (2015). *Sintesis Gliserol Stearat dari Asam Stearat dengan Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah*.
- S, N. E., Sakti, W., & P, W. (2017). *Pengolahan Minyak Jelantah Sebagai Pengganti Bahan Bakar Minyak Tanah Bagi Pedagang Gorengan di Sekitar Mipa Unnes*.
- Tamrin. (2017). *Gasifikasi Minyak Jelantah pada Kompor Bertekanan*.